Journal of Plant Protection
Vol. 35, No. 2, Summer 2021, P. 231-250

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص. ۲۵۰-۲۳۱

مقاله پژوهشی

ارزیابی تأثیر کشت مخلوط گندم با گاودانه و خلر بر تراکم و تنوع علف‌های‌هرز در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی

اخلاص امینی[۱]- علیرضا تاب[۲]*- امانول رادیستی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۳۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط سری‌های افزایشی گاودانه و خلر بر تنوع و تراکم علف‌های‌هرز در کشت گندم تحت سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ایلام در دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸، اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل خاک‌ورزی در سه سطح (خاک‌ورزی متداول، خاک‌ورزی حداقل و بدون خاک‌ورزی) و کرت های فرعی، شش سری کشت مخلوط افزایشی گاودانه، خلر با گندم (کشت خالص گندم، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد گندم+۵۰ درصد گاودانه، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد گندم+۵۰ درصد خلر، کشت خالص گاودانه، کشت خالص خلر و شاهد (بدون کشت گیاه زراعی) بودند. صفات مورد بررسی شامل جمعیت، تنوع و تراکم علف‌های‌هرز بودند. نتایج نشان داد کشت مخلوط افزایشی گندم+گاودانه موجب کاهش تراکم علف‌های‌هرز بیشتر از سایر تیمارها شد. میزان کاهش تراکم بوته علف‌های‌هرز در الگوی کاشت گندم+گاودانه و گندم+خلر تحت شرایط بدون خاک‌ورزی نسبت به شاهد به‌ترتیب ۷۷ و ۶۹/۹ درصد بود. این میزان کاهش تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل به‌ترتیب ۸۰/۱ و ۷۶/۱ درصد و در خاک‌ورزی متداول به‌ترتیب ۷۰/۲ و ۵۴/۵ درصد بود. بیشترین شاخص تنوع علف‌های‌هرز (شانون-وینر، بریلویین و غنای گونه‌ای مارگالف) در شاهد و کشت خالص خلر مشاهده شد. خاک‌ورزی متداول بیشترین تعداد و تنوع علف‌های‌هرز را به خود اختصاص داد. در هر دو سال بیشترین شاخص غالبیت (۰/۳۸) در الگوی کاشت گندم+گاودانه مشاهده شد. بر اساس نتایج این تحقیق، کشت مخلوط افزایشی گیاهان بقولات با گندم می‌تواند گامی مؤثر در راستای مدیریت علف‌های هرز در سامانه‌های کشاورزی پایدار باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، بقولات، جمعیت علف‌های‌هرز، خاک‌ورزی حفاظتی

مقدمه

در کشاورزی رایج، کشاورزان معمولاً جهت بهبود ساختمان خاک و کنترل علف‌های‌هرز از ابزار خاک‌ورزی استفاده می‌کنند. به هر حال، این عملیات‌ها در دراز مدت تخریب ساختمان خاک و کاهش حاصلخیزی خاک را به‌دنبال خواهد داشت (۲۹). سیستم‌های خاک‌ورزی با جابجایی و انتقال بذور علف‌های‌هرز به اعماق مختلف خاک، برگرداندن بقایا به خاک و در نتیجه تغییر چرخه عناصر غذایی تأثیر زیادی بر جامعه علف‌های‌هرز دارند (۴۵). به‌طور کلی شخم، ترکیب و خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک جوامع علف‌های‌هرز را متأثر می‌سازد (۳).

در سال‌های اخیر، استفاده از کودهای شیمیایی، علف‌کش‌ها و خاک‌ورزی‌های فشرده و مرسوم هزینه‌های تولید را افزایش داده و با کاهش ماده آلی خاک، کاهش کیفیت محصولات زراعی و ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی، ریسک تولید در نظام‌های زراعی را افزایش داده است؛ بنابراین به‌کارگیری راهکارهای مؤثری که شرایط بهینه‌ای را برای مدیریت علف‌های‌هرز، چرخش عناصر غذایی و افزایش عملکرد گیاه زراعی را فراهم آورده، ضروری کرده است (۹). به همین خاطر، پژوهشگران در تلاش هستند امنیت غذایی را با طراحی و اجرای سامانه‌های برخوردار از پایداری تأمین نمایند. در این راستا، به‌نظر می‌رسد که بتوان با کاهش عملیات خاک‌ورزی و

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام
(*- نویسنده مسئول: Email: a.taab@ilam.ac.ir)
۳- محقق گروه علوم شیمیایی و دارویی، دانشگاه فرارا، فرارا، ایتالیا
DOI: 10.22067/jpp.2021.68035.1004

باقی‌گذاشتن بقایای گیاهی در سطح خاک به‌عنوان راهکار زراعی مناسب در جهت مدیریت بهتر علف‌های‌هرز، در جهت بازچرخش عناصر غذایی و حفظ پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی اقدام نمود (۹ و ۱۷).

یکی از مؤلفه‌های مهم کشاورزی حفاظتی عملیات بدون خاک‌ورزی است که در نتیجه اجرای آن سطح خاک توسط حداقل ۳۰ درصد از بقایای گیاهی پوشش داده می‌شود، در این روش هیچ نوع عملیات شخم صورت نمی‌گیرد و تنها ماشین کاشت، بذر و کود را با حداقل برهم‌خوردگی در خاک قرار می‌دهد (۲۶). به‌کارگیری خاک‌ورزی‌های حفاظتی و کاهش‌یافته در بلندمدت از طریق کاهش تلفات عناصر غذایی و کاهش آبشویی باعث بهبود باروری و حاصلخیزی خاک می‌شود (۸). با وجود مزایای بسیار خاک‌ورزی کاهش‌یافته نسبت به خاک‌ورزی متداول، در بیشتر مواقع با این تغییر سامانه، مشکل علف‌های‌هرز افزایش می‌یابد و استقرار و عملکرد گیاهان زراعی را متأثر می‌سازند (۲۸). لذا تغییر در عملیات خاک‌ورزی یا نوع عملیات شخم می‌تواند باعث تغییر در تراکم و تنوع علف‌های‌هرز گردد (۱۵). بر اساس تحقیقات رنتون و فلاور (۳۸) بر اثر کاربرد شخم متداول با گاوآهن برگرداندار و سیستم بدون شخم بر جمعیت علف‌های‌هرز، مشاهده شد که در زمان برداشت محصول تعداد علف‌های‌هرز در سامانه بدون خاک‌ورزی به آستانه بحرانی رسید که در نتیجه آن عملکرد محصول کاهش یافت. نتایج این تحقیق نشان داد استفاده سالانه از شخم برگرداندار برای مدیریت جمعیت علف‌های‌هرز مؤثر است. در واقع مدیریت علف‌های‌هرز در نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با نظام‌های متداول خاک‌ورزی، پیچیده‌تر و متمایز است و می‌توان گفت، حداقل در کوتاه‌مدت، وابستگی بیشتری به مصرف علف‌کش‌ها با توجه به نوع گیاه زراعی دارد (۱۸).

جمعیت علف‌های‌هرز همچنین ممکن است تحت تأثیر تنوع گونه‌ای در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی کاهش یابد (۱۴). با افزایش تنوع، آشیان‌ها و فضاهای خالی موجود در زمین اشغال می‌شوند و علف‌های‌هرز کمتر فرصت حضور در عرصه را پیدا می‌کنند (۵). و از این رو از کشت مخلوط را به‌عنوان یکی از راهکارهای ایجاد تنوع در سامانه‌های کشاورزی استفاده کرد. کشت مخلوط، عبارت از کشت دو یا چند گیاه در یک قطعه از زمین و در یک سال زراعی است. در حقیقت، این سیستم کشت، الگوی اقتباس شده از سامانه‌های پایدار طبیعی گیاهان مانند مراتع، جنگل‌های بکر و دست‌نخورده می‌باشد و بیانگر این است که طبیعت، همواره ترکیب از گونه‌ها را بر یک گونه ترجیح می‌دهد (۱۳). به‌کارگیری کشت مخلوط می‌تواند منجر به بهبود استفاده از منابع قابل‌دسترس توسط گیاه زراعی و کاهش فرصت استقرار و رشد علف‌های‌هرز شود (۱۴). به همین خاطر کشت مخلوط تبدیل به یک روش مدیریت کشاورزی شده است که می‌تواند برای کاهش وابستگی به علف‌کش‌های شیمیایی در کنترل علف‌های‌هرز مورد استفاده قرار گیرد (۷). سرکوب علف‌های‌هرز و کاهش رشد علف‌هرز بر اثر تداخل گیاه زراعی به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده برتری عملکرد کشت مخلوط قلمداد می‌شود (۳۹). حضور گیاه زراعی، سلسله مراتب گونه‌های اجتماع علف‌هرز را تغییر می‌دهد. به‌عبارت دیگر، اضافه کردن گونه دوم گیاه زراعی به کشت خالص توزیع زیست‌توده بین گونه‌ها در اجتماع علف‌های‌هرز را تغییر خواهد داد (۲۷).کشت مخلوط به‌دلیل تأثیری که بر جنبه‌های مختلف تولید و به‌ویژه کارایی استفاده از منابع دارد، می‌توانند افزایش عملکرد گونه‌های مخلوط نسبت به کشت خالص را در پی داشته باشند (۳۰). یکی از دلایل افزایش عملکرد در چنین سامانه‌هایی این است که گونه‌های کشت شده در کشت مخلوط از منابع یکسانی در یک آشیان اکولوژیک استفاده نمی‌کنند و در نتیجه منابع قابل‌دسترس مانند آب، عناصر غذایی و تشعشع خورشید را به‌صورت مکمل جذب می‌کنند (۱۱). به‌طور کلی بررسی عملکرد در سامانه‌های کشت مخلوط در گرو انتخاب گیاهان سازگار و واجد صفات مناسب برای ایجاد حداقل رقابت و حداکثر مساعدت و به‌کارگیری عملیات زراعی مناسب (از جمله تراکم و نسبت اختلاط) گزارش شده است (۲). در میان گیاهان زراعی مختلف غلات از مهم‌ترین محصولات زراعی در سطح جهان می‌باشند که به‌طور متوسط در حدود ۵۵-۵۰ درصد کالری مصرفی انسان را تأمین می‌نمایند. در این بین گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌دلیل قدرت سازگاری بالا و تنوع فرآورده‌های حاصله از اهمیت زیادی برخوردار است، به‌طوری‌که امروزه اولین محصول مهم غذایی جهان به‌شمار می‌آید (۲۴). بنابراین باید بازنگری در روش‌های متداول کشاورزی و استراتژی‌های مربوط به استفاده بهینه از زمین و افزایش تولید در زمینه غلات به‌ویژه گندم، بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد (۱۳).

امروزه بر کسی پوشیده نیست که وارد شدن بقولات علوفه‌ای در تناوب دیمزارها با اصلاح الگوی کشت و ایجاد تنوع محصول، منجر به افزایش پایداری تولید می‌شود. در این رابطه برخی بقولات علوفه‌ای یک‌ساله شامل خلر (*Lathyrus sativus* L.) و گاودانه (*Vicia ervilia* L.)، نتایج بسیار امیدبخشی نشان داده‌اند. کشت این گیاهان علاوه بر افزایش مواد آلی و نیتروژن به خاک و تولید علوفه برای دام‌ها، عملکرد غلاتی که بعد از آن‌ها یا همراه آن‌ها کشت می‌شوند را نیز بهبود می‌بخشد (۶). در پژوهشی، کشت مخلوط گندم و شبدر زیرزمینی (*Trifolium subterraneum* L.) باعث کاهش تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز در مقایسه با کشت خالص گندم شد (۱۲). در مطالعه دیگری، کشت مخلوط گندم و نخود (*Cicer arietinum*) موجب کاهش تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز در

مقایسه با کشت خالص‌های گندم و نخود شد (۷). پاتیناسه و همکاران (۳۳) گزارش کردند که در کشت مخلوط تنوع علف‌های‌هرز در مقایسه با کشت خالص افزایش، در حالی‌که زیست‌توده علف‌های‌هرز کاهش یافت. همچنین پالازر و همکاران (۳۵) بیان کردند که کشت مخلوط گندم و نخود می‌تواند موجب تولید عملکرد بالایی از گندم شود، به‌طوری‌که علاوه بر پایداری اقتصادی، سازگار با محیط‌زیست نیز باشد.

خسارت علف‌های‌هرز و عدم مدیریت صحیح پیشگیری و کنترل آن‌ها، یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کاهش محصول گندم در خاک‌ورزی حفاظتی می‌باشد. به‌طوری‌که میزان کاهش عملکرد گندم تحت شرایط عدم کنترل علف‌های‌هرز در سامانه‌های بی‌خاک‌ورزی تا ۷۰ درصد گزارش شده است (۴۴). با توجه به تغییر نگرش در زمینه پرهیز از استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی، انتخاب روش مناسب برای کنترل علف‌های‌هرز گندم که علاوه بر کارآمدی، کمترین خسارت را به محیط زیست وارد نماید از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. از سوی دیگر، با در نظر گرفتن نقش مثبت گیاهان علوفه‌ای از خانواده بقولات در بهبود خصوصیات خاک و کمک به رشد و عملکرد سایر گیاهان در کشت مخلوط، استفاده از گیاهان علوفه‌ای مانند خلر و گاودانه به‌عنوان گیاهان پوششی، مفید به نظر می‌رسد. بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی کارایی دو نوع گیاه علوفه‌ای خلر و گاودانه از خانواده بقولات بر پویایی و تنوع جمعیت علف‌های‌هرز گندم در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای از خانواده بقولات بر جمعیت و تنوع علف‌های‌هرز گندم در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام به عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی، و ارتفاع ۱۱۷۴ متر از سطح دریا طی دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ اجرا گردید. در طول فصل رشد مجموع بارندگی در سال اول و دوم به‌ترتیب ۱۰۱۰ و ۶۵۱ میلی‌متر، میانگین دمای حداقل و حداکثر در طول دوره رشد، به‌ترتیب ۶ و ۱۷/۸ درجه سانتی‌گراد در سال اول؛ ۶/۱ و ۱۸/۸ درجه سانتی‌گراد در سال دوم بود (جدول ۱).

جدول ۱- دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای متوسط و میزان بارندگی در طول دوره رشد گندم در سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸

Table 1- Maximum (T max), minimum (T min), average temperature (T mean) and rainfall during wheat growing season in2018-19 and 2019-20

ماه Month	سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ Year 2018-2019				سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ Year 2019-2020			
	دمای حداقل T min	دمای حداکثر T max	دمای متوسط T mean	بارش (میلی‌متر) Rainfall (mm)	دمای حداقل T min	دمای حداکثر T max	دمای متوسط T mean	بارش (میلی‌متر) Rainfall (mm)
	درجه سانتی‌گراد (°C)				درجه سانتی‌گراد (°C)			
آبان October- November	7.8	18.1	12.9	221	6.5	20	13.2	40.9
آذر November- December	4.3	13.7	9	170.4	2.8	13.7	8.3	173.7
دی December- January	-0.1	10.5	5.2	91.7	0	11.8	5.9	67.3
بهمن January- February	0.6	11.9	6.2	189.3	-0.6	10.2	4.8	77.9
اسفند February-March	1.1	11.9	6.5	104.6	4.9	16.2	10.5	266.1
فروردین March- April	6.3	17	11.7	222.2	6.3	18.5	12.4	18
اردیبهشت April- May	9.8	25.1	17.4	10.9	11.9	26	19	7.2
خرداد May- June	18	34.5	26.3	0	17.3	33.8	25.5	0

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در کرت‌های اصلی، خاک‌ورزی در سه سطح (خاک‌ورزی متداول، خاک‌ورزی حداقل و بدون خاک‌ورزی) و در کرت‌های فرعی، شش الگوی کاشت شامل (کشت خالص گندم، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد گندم+ ۵۰ درصد گاودانه، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد گندم+ ۵۰ درصد خلر، کشت خالص گاودانه، کشت خالص خلر و شاهد (بدون کشت گیاه زراعی) قرار گرفتند. ۴۵۵ بذر گندم در متر مربع، ۲۰۰ بذر گاودانه در مترمربع و ۱۲۰ بذر خلر در مترمربع در کشت خالص و تراکم ۱۰۰ درصد کاشته شد.

بافت خاک سیلت لوم رسی بود. جهت مشخص نمودن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از نقاط مختلف مزرعه نمونه‌برداری خاک انجام شد (جدول ۲).

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری)

Table 2- Physical and chemical characteristics of experimental field soil (0-30 cm depth)

سال Year	هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1}))	اسیدیته pH	ماده آلی OM (%)	فسفر قابل‌جذب P (mg kg^{-1})	پتاسیم قابل‌جذب K (mg kg $^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)
2018-2019	0.56	7.86	2.34	10.80	386.66	0.12
2019-2020	0.30	8.09	3.09	3.52	339.68	0.19

در هر دو سال، آماده‌سازی و شخم زمین در اواسط مهرماه بر اساس خاک‌ورزی متداول، خاک‌ورزی حداقل و بدون خاک‌ورزی انجام گردید. برای انجام خاک‌ورزی متداول از دستگاه‌های متداول و مرسوم منطقه که به‌صورت کامل خاک‌ورزی را انجام می‌دهند، استفاده شد. زمین پس از گاورو شدن در آغاز با گاوآهن برگردان‌دار شخم و پس از آن برای نرم‌کردن کلوخه‌ها دو بار دیسک زده شد. در روش خاک‌ورزی حداقل، زمین با استفاده از گاوآهن قلمی شخم زده شد به‌طوری‌که حداقل ۳۰ درصد از بقایا گیاهان روی سطح خاک باقی مانده و بقیه با خاک مخلوط شدند. در روش بدون خاک‌ورزی نیز کشت بدون شخم صورت گرفت. برای کشت گندم از بذر گواهی شده رقم آبی بهاران که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ایلام تهیه شده بود استفاده گردید این رقم گندم جزء ارقام زودرس با عادت رشدی بهاره مناسب کشت در مناطق معتدل، مقاوم به خوابیدگی، میانگین ارتفاع بوته ۸۹ سانتی‌متر و میانگین وزن هزار دانه ۴۴ گرم بود. برای کاشت گیاهان علوفه‌ای خلر و گاودانه از توده‌های محلی استفاده گردید. میزان بذر لازم برای گندم ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و بذر مصرفی گیاهان خلر و گاودانه در کشت خالص آن‌ها به ترتیب ۱۵۰ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار و متناسب با شیوه کشت مرسوم منطقه در نظر گرفته شد. کرت‌های فرعی آزمایش به مساحت شش مترمربع (۳×۲ متر) بود، فاصله بین کرت‌های فرعی از هم ۰/۵ متر و فواصل بین کرت‌های اصلی از هم سه متر در نظر گرفته شد.

عملیات کاشت گندم و گیاهان همراه در هر دو سال در هفته دوم آبان ماه به‌طور هم‌زمان و با دست به‌صورت ردیفی انجام گردید. کاشت گندم در ردیف‌های با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و در کشت مخلوط افزایشی، بذر گیاهان علوفه‌ای در وسط ردیف‌های کاشت گندم، کشت شدند به‌طوری‌که در کشت مخلوط افزایشی فاصله بین ردیف‌ها ۱۰ سانتی‌متر بود.

در مرحله سنبله‌دهی گندم با توجه به توسعه کامل کانوپی گندم و سبز شدن و رشد حداکثر علف‌های‌هرز در این زمان و همچنین قبل از رسیدگی کامل و ریزش اندامهای برخی علفهای هرز، نمونه‌برداری جهت تعیین تراکم و تنوع علف‌های‌هرز به‌صورت تصادفی و از مساحتی معادل ۰/۲۵ مترمربع با استفاده از یک کوادرات ۰/۵×۰/۵ متری و با رعایت اثر حاشیه‌ای به‌صورت تخریبی انجام شد. علف‌های‌هرز موجود در هر کوادرات پس از شمارش، به تفکیک گونه شناسایی گردیدند.

درصد فراوانی نسبی برابر با فراوانی مطلق هر گونه تقسیم بر فراوانی مطلق کل گونه‌های علف‌هرز ضربدر ۱۰۰ است. فراوانی مطلق هر گونه نیز برابر با تعداد نمونه حاوی گونه مورد نظر تقسیم بر تعداد کل نمونه‌هاست. شاخص‌های تنوع گونه‌ای علف‌های‌هرز با استفاده از معادلات ذیل محاسبه گردید (۱۰ و ۱۶).

معادله (۱) شاخص تنوع شانون- وینر[1] $H = -\sum_{i=1}^{s}[P_i \, Ln(P_i)]$

در این معادله، P_i فراوانی نسبی افراد گونه i ام، S تعداد گونه، 1- و H' شاخص تنوع گونه‌ای شانون- وینر می‌باشد. مقدار H' با افزایش تعداد گونه‌ها در اجتماع فزونی می‌یابد و از نظر تئوریکی می تواند به مقادیر بسیار زیادی برسد، اما در عمل از ۴/۵ بیشتر نیست. این شاخص نیز واحد ندارد.

معادله (۲) شاخص تنوع بریلوبین[2] $\widehat{H}=\frac{1}{N}\log\left(\frac{N}{n1!n2!n3!\ldots}\right)$

در این معادلات، N تعداد کل افراد، $n1$: تعداد افراد متعلق به گونه ۱؛ $n2$: تعداد افراد متعلق به گونه ۲، $n3$: تعداد افراد متعلق به گونه ۳ می‌باشد. همچنین این شاخص واحد ندارد.

1- Shannon and Wiener index
2- Brillouin diversity index

معادله (۳) شاخص یکنواختی پیت [1]

$$E_p=\frac{H'}{\ln (S)}$$

در این معادله، E_p شاخص یکنواختی پیت بدون واحد، S تعداد گونه و H' شاخص تنوع گونه‌ای شانون- وینر می‌باشد. مقدار این شاخص از ۰ (عدم یکنواختی) تا ۱ (یکنواختی کامل) متغیر است.

معادله (۴) شاخص تنوع مارگالف [2]

$$R=\frac{S-1}{\ln(N)}$$

که در این معادلات، N تعداد کل افراد، S تعداد گونه و R شاخص غنای گونه‌ای و بدون واحد می‌باشد.

معادله (۵) شاخص غالبیت سیمپسون [3]

$$\widehat{D}=\sum_{i=1}^{s}\left[\frac{n_i\,(n_i-1)}{N(N-1)}\right]$$

در این معادله، N تعداد کل افراد، n_i تعداد افراد مربوط به گونه i، S تعداد گونه و $\widehat{D}$ شاخص غالبیت سیمپسون می‌باشد. شاخص غالبیت سیمپسون بدون واحد و دامنه‌ای از صفر (تنوع زیاد) تا تقریباً یک (تنوع کم) دارد.

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزاری آماری SAS ver. 9.1 آنالیز گردیدند. قبل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، ابتدا یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت بررسی گردید. متغیرهای مستقل شامل سامانه‌های خاک‌ورزی، الگوی کاشت و سال و متغیرهای وابسته شامل تراکم بوته علف‌های‌هرز، تعداد گونه علف‌هرز، شاخص تنوع گونه‌ای شانون- وینر، بریلویین و شاخص یکنواختی گونه‌ای، شاخص غنای گونه‌ای مارگالف و شاخص غالبیت سیمپسون علف‌های‌هرز بودند. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و جهت ترسیم شکل‌ها از نرم‌افزار MS Excel 2010 استفاده گردید. تابع تشخیص برای تعیین و شناسایی علف‌های‌هرز غالب و رابطه گونه‌های مختلف بر اساس تراکم در الگوهای مختلف کشت مخلوط تحت سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی در دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ به‌صورت جداگانه و بر اساس روش گام به گام صورت گرفت و مقدار توابع تشخیص استخراج شده برای هر گروه و رسم نمودار تابع تشخیص در سال دوم با نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۰) محاسبه گردید.

نتایج و بحث

در سال اول در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و الگوی کاشت ۲۹ گونه علف‌هرز از ۱۳ خانواده مختلف گیاهی مشاهده شد (جدول ۳). در سال دوم نیز ۳۰ گونه علف‌هرز از ۱۵ خانواده مختلف گیاهی وجود داشت. در هر دو سال، خانواده گندمیان (Poaceae) بیشترین تعداد علف‌هرز (۹ گونه علف هرز) را دارا بود و خانواده‌های شب‌بویان (Brassicaceae) در سال اول با ۴ گونه علف‌هرز و در سال دوم با ۳ گونه علف‌هرز و بقولات (Fabaceae) در هر دو سال با ۳ گونه علف‌هرز از نظر تعداد علف‌هرز در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. در سامانه بدون خاک‌ورزی در سال اول، فراوانی نسبی علف‌های‌هرز جودره و یولاف‌وحشی به‌ترتیب با ۱۱/۸۴ و ۱۰/۵۳ درصد و در سال دوم یولاف وحشی و جودره با فراوانی نسبی به‌ترتیب ۱۲/۶۸ و ۱۱/۹۷ درصد بیشترین جمعیت علف‌هرز را در بین گونه‌های علف‌هرز شناسایی شده داشتند. در مرحله بعدی علف‌هرز شیرپنیر در هر دو سال بیشترین فراوانی نسبی را در سامانه بدون خاک‌ورزی دارا بود. علف‌های‌هرز قلیانک، وایه گل سفید و کاهوی وحشی در هر دو سال در شرایط بدون خاک‌ورزی مشاهده نشدند. همچنین در تیمارهای بدون خاک‌ورزی در سال اول علف‌های‌هرز سوزن چوپان، سنگدانه وحشی، ماستونک، ماشک برگ پهن و در سال دوم علف‌های‌هرز خردل وحشی، شقایق و پیچک صحرایی مشاهده نگردیدند (جدول ۳). تحت سامانه خاک‌ورزی حداقل، علف‌هرز جودره در سال اول با ۱۰/۶۲ درصد فراوانی، علف‌هرز غالب مزرعه بود و در سال دوم علف‌هرز جودره و گلرنگ وحشی با ۸/۲۹ درصد فراوانی نسبی، بیشترین جمعیت علف‌های‌هرز را به خود اختصاص دادند. در این سامانه در سال اول، علف‌های‌هرز شاخ‌به سر، کله‌گنجشکی و یولاف وحشی و در سال دوم علف‌های‌هرز گلرنگ وحشی و یولاف وحشی از نظر فراوانی نسبی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. علف‌های‌هرز خردل وحشی و پنیرک در سامانه خاک‌ورزی حداقل دیده نشدند. همچنین در سال اول، علف‌های‌هرز ماستونک، کاهوی وحشی، سوزن چوپان، سنگدانه وحشی، ماشک برگ پهن، غربیلک و پیچک صحرایی و در سال دوم، علف‌های‌هرز وایه گل سفید و هترتلیوم در مزراع گندم وجود نداشتند (جدول ۳). تحت شرایط خاک‌ورزی متداول، در سال اول علف‌های‌هرز جودره، کله گنجشکی، یولاف وحشی و شاخ به سر به ترتیب با ۱۰، ۱۰، ۹/۴ و ۹/۴ درصد فراوانی به‌عنوان علف‌های‌هرز غالب مشاهده شدند. در سال دوم نیز بیشترین درصد فراوانی نسبی مربوط به علف‌های‌هرز یولاف وحشی و جودره بود. علف‌های‌هرز سنگدانه وحشی، کاهوی وحشی، خردل وحشی، پنیرک، هترتلیوم و یونجه در هر دو سال در خاک‌ورزی متداول وجود نداشتند. همچنین در سال اول علف‌های‌هرز سوزن چوپان، ماستونک، گیامستک، غربیلک و در سال دوم علف‌های‌هرز وایه گل سفید و پیچک صحرایی در سامانه خاک‌ورزی متداول مشاهده نشدند (جدول ۳).

1- Evenness Peet index
2- Margalef’s diversity index
3- Simpson’s dominance index

جدول ۳- فهرست گونه‌های علف‌هرز و درصد فراوانی نسبی در مزرعه گندم در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی طی دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸

Table 3- List of weed species and their relative abundance % in the fields wheat under different tillage systems in 2018-19 and 2019-20

شماره No	نام فارسی Persian name	نام علمی Weed species	نام خانواده Family name	بدون خاک‌ورزی No- tillage		خاک‌ورزی حداقل Minimum tillage		خاک‌ورزی متداول Conventional tillage	
				سال ۹۸-۱۳۹۷ Year 2018-19	سال ۹۹-۱۳۹۸ Year 2019-20	سال ۹۸-۱۳۹۷ Year 2018-19	سال ۹۹-۱۳۹۸ Year 2019-20	سال ۹۸-۱۳۹۷ Year 2018-19	سال ۹۹-۱۳۹۸ Year 2019-20
1	وایه گل سفید	*Ammi majus* L.	Apiaceae	0.00	0.00	0.62	0.00	0.56	0.00
2	ماستونک	*Turgenia latifolia* (L.) Hoffm.	Appiaceae	0.00	0.70	0.00	3.90	0.00	2.73
3	گلرنگ وحشی	*Carthamus oxyacanthus* M. Bieb.	Asteraceae	5.26	4.93	5.62	8.29	3.33	7.65
4	کاهوی وحشی	*Lactuca scariola* L.	Asteraceae	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00
5	سنگدانه وحشی	*Lithospermum officinale* L.	Boraginaceae	0.00	1.41	0.00	1.46	0.00	0.00
6	ازمک	*Cardaria draba* (L.) Desv.	Brassicacea	2.63	4.93	1.25	4.39	2.78	3.28
7	کله گنجشکی	*Euclidium syriacum* L.	Brassicaceae	8.55	1.41	8.75	5.85	10.00	6.56
8	أجیل مزرعه	*Neslia paniculata* L.	Brassicaceae	0.66	0.70	3.12	1.46	3.33	1.09
9	خردل وحشی	*Sinapis arvensis* L.	Brassicaceae	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	قلیانک	*Silene conoidea* L.	Caryophyllaceae	0.00	0.00	0.62	1.95	0.56	1.09
11	جغجغک	*Vaccaria pyramidata* Medik.	Caryophyllaceae	3.29	3.52	5.00	5.37	5.56	5.46
12	پیچک صحرایی	*Convolvulus arvensis* L.	Convolvulaceae	0.66	0.00	0.00	0.49	0.56	0.00
13	زیرک	*Cephalaria syriaca* L.	Dipsacaceae	5.26	2.82	2.50	2.93	3.33	1.09
14	خلر	*Lathyrus aphaca* L.	Fabaceae	1.32	3.52	4.37	3.41	2.78	4.37
15	یونجه	*Medicago sativa* L.	Fabaceae	1.32	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00
16	ماشک برگ‌پهن	*Vicia narbonensis* L.	Fabaceae	0.00	1.41	0.00	1.46	2.22	3.28
17	ماشک معمولی	*Vicia sativa* L.	Fabaceae	5.92	5.63	5.62	6.34	6.11	6.01
18	سوزن چوپان	*Geranium robertianum* L.	Geraminaceae	0.00	0.70	0.00	1.46	0.00	1.09
19	غربیلک	*Lamium amplexicaule* L.	Lamiaceae	0.66	0.70	0.00	0.98	0.00	0.55
20	پنیرک	*Malva neglecta* Waller.	Malvaceae	0.66	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00
21	شقایق	*Papaver dubium* L.	Papaveraceae	1.32	0.00	5.00	3.90	2.22	4.92
22	آژیلوپس تائوشی	*Aegilops tauschii* Coss.	Poaceae	4.61	6.34	3.75	4.88	5.56	6.01
23	یولاف وحشی	*Avena ludoviciana* L.	Poaceae	10.53	12.68	7.50	7.80	9.44	8.74
24	گیامستک	*Bromus commutatus* Schrad.	Poaceae	0.66	2.82	0.62	1.46	0.00	1.09
25	علف‌پشمکی	*Bromus tectorum* L.	Poaceae	3.95	3.52	4.37	0.98	0.56	1.64
26	دگرگل گندمی	*Heteranthelium piliferum* L.	Poaceae	0.66	2.82	1.87	0.00	0.00	0.00
27	جوموشی	*Hordeum murinum* L.	Poaceae	3.29	8.45	5.62	2.44	2.78	1.09
28	جودره	*Hordeum spontaneum* L.	Poaceae	11.84	11.97	10.62	8.29	10.00	7.10
29	جو زراعی	*Hordeum vulgare* L.	Poaceae	0.00	0.00	0.00	0.49	2.22	0.55
30	چچم	*Lolium perenne* L.	Poaceae	5.26	7.04	3.75	3.41	6.11	4.92
31	شاخ به سر	*Ceratocephalus falcatus* L.	Ranunculaceae	7.24	1.41	8.75	5.37	9.44	6.56
32	آلاله وحشی	*Ranunculus arvensis* L.	Ranunculaceae	6.58	1.41	3.12	5.85	5.00	6.56
33	شیر پنیر	*Galium tricornutum* D.	Rubiaceae	7.24	8.45	6.25	4.88	5.56	6.56

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب اثرات خاک‌ورزی و الگوی کاشت مخلوط بر شاخص‌های تنوع علف‌های‌هرز طی دو سال ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹

Table 4- Combined analysis of variance of the effect of tillage and intercropping on weeds diversity indices in 2018-19 and 2019-20

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	تراکم بوته علف‌های‌هرز Weed density	تعداد گونه علف‌های‌هرز The number of Weed species	شاخص شانون- وینر Shannon-Weiner index	شاخص غنای مارگالف Margalef index	شاخص تنوع بریلویین Brillouin index	شاخص یکنواختی Evenness index	شاخص غالبیت سیمپسون Simpson's dominance index
سال Year	1	11367^{ns}	14.083^{ns}	0.00024^{ns}	0.8838^{ns}	0.0029^{ns}	0.0775^{ns}	0.0242^{ns}
بلوک Block	2	27590^{ns}	1.083^{ns}	0.0543^{ns}	0.0007^{ns}	0.0539^{ns}	0.0159^{ns}	0.0159^{ns}
تکرار× سال Rep (Year)	2	39440	45.083	0.3722	1.2541	0.3478	0.0136	0.0113
خاک‌ورزی Tillage	2	77000**	44.111**	2.7050**	2.3566**	2.2639**	0.2492**	0.2751**
سال× خاک‌ورزی Year× Tillage	2	26218*	22.333*	1.2448**	1.1070**	1.0076**	0.1863**	0.1468**
خطای کرت اصلی Error a	8	3678	4.180	0.0335	0.1185	0.0308	0.0019	0.0019
الگوی کاشت Planting pattern	5	250017**	55.661**	0.3235*	0.6349**	0.4255**	0.0614**	0.0152^{ns}
خاک‌ورزی× الگوی کاشت Tillage× Planting pattern	10	15497**	5.788^{ns}	0.1591^{ns}	0.1930^{ns}	0.1435^{ns}	0.0232^{ns}	0.0202^{ns}
سال× الگوی کاشت Year× Planting pattern	5	21910**	21.439**	0.4738**	0.6363**	0.4302**	0.0029^{ns}	0.0465**
سال× خاک‌ورزی× الگوی کاشت Year× Tillage× Planting pattern	10	7044^{ns}	6.589^{ns}	0.1425^{ns}	0.1721^{ns}	0.1417^{ns}	0.0158^{ns}	0.0178^{ns}
خطای کل Error total	60	3728	4.548	0.1089	0.1525	0.0979	0.0137	0.0106
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	25.99	22.51	18.93	24.53	18.95	17.60	40.29

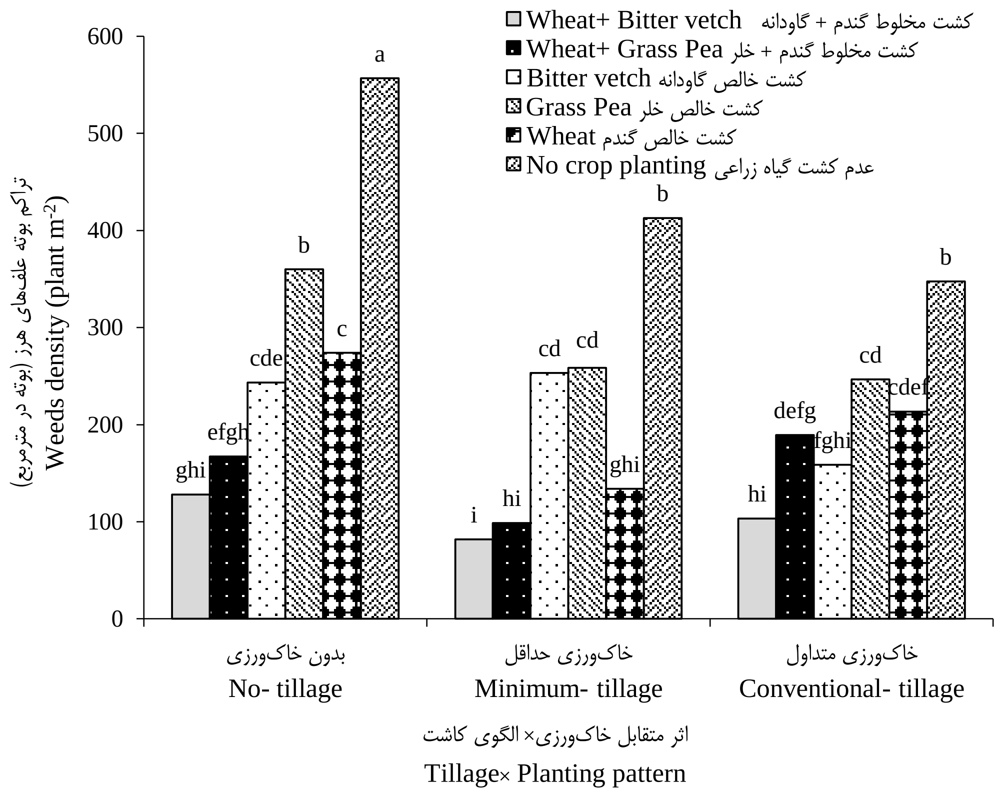
*، **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵% و ۱%؛ ns: غیر معنی‌دار

* and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Not-significant

در بین علف‌های‌هرز، جودره بالاترین فراوانی نسبی را به خود اختصاص داد و بیشترین فراوانی نسبی جودره نیز در شرایط بدون خاک‌ورزی مشاهده شد. جودره دارای تنوع ژنتیکی است و یکی از علف‌های‌هرز سمج و مهاجم مزارع گندم می‌باشد که اکثر باریک برگ‌کش‌های رایج توصیه شده برای مزارع گندم قادر به کنترل کامل آن نیستند (۳۱). افزایش تراکم علف‌هرز جودره در شرایط بدون خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی رایج در تحقیقات دیگر نیز مشاهده شده است (۲۹). جوانه‌زنی بیشتر جودره در شرایط تاریکی نسبت به نور اثبات شده است (۲۰). به همین دلیل باتوجه به این‌که در شرایط بدون شخم و شخم حداقل، بذور آن در زیر کاه و کلش قرار می‌گیرند، شرایط برای جوانه‌زنی و رشد این علف‌هرز فراهم می‌شود. از طرف دیگر برگ‌های گیاهان باریک‌برگ برخلاف پهن‌برگ‌ها به‌راحتی از میان کاه و کلش بر جای مانده بر روی زمین خارج می‌شوند (۴۱). این شرایط ممکن است به استقرار زودهنگام و غالبیت این علف هرز کمک کرده باشند.

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بیانگر معنی‌دار بودن اثرات خاک‌ورزی، الگوی کاشت، اثرات دوگانه (سال× خاک‌ورزی)، (خاک‌ورزی× الگوی کاشت) و (سال× الگوی کاشت) بر تراکم بوته علف‌های‌هرز بود. خاک‌ورزی، الگوی کاشت، اثرات دوگانه (سال× خاک‌ورزی) و (سال× الگوی کاشت) تأثیر معنی‌داری بر تعداد گونه علف‌های‌هرز داشت. همچنین اثرات خاک‌ورزی، الگوی کاشت و اثرات دوگانه (سال× الگوی کاشت) تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص غالبیت سیمپسون علف‌های‌هرز داشت (جدول ۴).

بر اساس نتایج، کشت مخلوط افزایشی گندم+ بقولات موجب کاهش تراکم بوته علف‌های‌هرز می‌شود. میزان کاهش تراکم بوته علف‌های‌هرز در الگوی کاشت گندم+ گاودانه و گندم+ خلر تحت شرایط بدون خاک‌ورزی به‌ترتیب ۷۷ و ۶۹/۹ درصد بود. این میزان کاهش تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل ۸۰/۱ و ۷۶/۱ درصد و تحت شرایط خاک‌ورزی متداول ۷۰/۲ و ۵/۵۴ درصد بود. بیشترین تراکم علف‌های‌هرز ۵۵۶ در تیمار بدون کشت گیاه زراعی تحت سامانه بدون خاک‌ورزی مشاهده شد. تیمار بدون کشت گیاه زراعی تحت سامانه‌های خاک‌ورزی متداول با حداقل اختلاف معنی‌داری نداشت و در رتبه دوم قرار گرفت. تراکم علف‌های‌های‌هرز در کشت خالص خلر در مقایسه با کشت خالص گاودانه و گندم نیز بیشتر بود (شکل ۱).



شکل ۱- اثرات الگوهای کاشت بر تراکم بوته علف‌های‌هرز تحت شرایط مختلف خاک‌ورزی

Figure 1- Effect of planting pattern on weeds density under different tillage

گزارش‌هایی در مورد افزایش تراکم علف‌های‌هرز در سامانه‌های خاک‌ورزی حداقل وجود دارد (۴۰ و ۴۳). سیدی و حمزه‌ئی (۴۳) گزارش دادند که بیشترین تراکم علف‌های‌هرز (۵۰ بوته علف‌هرز در مترمربع) در کشت خالص آفتابگردان بدون وجین علف‌های‌هرز تحت سامانه خاک‌ورزی حداقل (چیزل) مشاهده شد، در صورتی‌که خاک‌ورزی متداول در کشت خالص آفتابگردان بدون کنترل علف‌هرز، به‌طور معنی‌داری تراکم علف‌های‌هرز ۲۴/۷۵ درصد کاهش داد. همچین این محققان کاهش تراکم علف‌های‌هرز در کشت مخلوط افزایشی ۹۰ درصد سویا+ آفتابگردان در سامانه خاک‌ورزی متداول را گزارش دادند. توان رقابتی نظام کشت مخلوط با توجه به افزایش تراکم گونه‌های زراعی نسبت به کشت خالص هر گونه بیشتر خواهد بود که این امر مهار مناسب علف‌های‌هرز را در پی دارد (۲۱).

الگوی کشت افزایشی گاودانه و خلر با گندم باعث کاهش تراکم علف‌های‌هرز در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی شد. احتمالاً به‌دلیل تنوع بیشتر گیاهان در الگوهای چندکشتی در مقایسه با کشت خالص، در نتیجه گیاهان زراعی نیچ‌های اکولوژی بیشتری را در اختیار می‌گیرند و با جذب بیشتر منابع قابل‌دسترس برای رشد، باعث کاهش رشد و در نتیجه جمعیت و تراکم علف‌های‌هرز را کاهش می‌دهند؛ راشد زمان و جوهانسون (۳۶) نیز گزارش دادند کشت مخلوط باعث کنترل علف‌های‌هرز به‌خصوص در سامانه‌های کم‌نهاده می‌شود. بانیک و همکاران (۷) گزارش دادند تراکم علف‌های‌هرز در الگوهای مختلف کشت مخلوط گندم و نخود کاهش می یابد. کوچکی و همکاران (۲۴) گزارش دادند که کشت مخلوط گندم و کلزا با داشتن پوشش متراکم‌تر و بیشتر بر سطح زمین باعث افزایش توان رقابتی گیاهان زراعی برای مصرف منابع رشد مانند عناصر غذایی، آب و نور، در مقایسه با کشت خالص شده که در نتیجه، تراکم و تنوع علف‌های‌هرز در چندکشتی در مقایسه با کشت خالص کاهش می‌یابد.

در سامانه خاک‌ورزی متداول، کشت مخلوط گندم و گاودانه بیشترین تأثیر را در کاهش تراکم علف‌های‌هرز داشت. احتمالاً بیشتر بودن زیست‌توده و ارتفاع گاودانه باعث کاهش تراکم علف‌های‌هرز در مقایسه با الگوی کشت خلر شده است (داده‌ها ارائه نشده است). کشت خالص خلر در سامانه بدون خاک‌ورزی بیشترین تراکم علف‌هرز را داشت. با توجه به بیشتر بودن تراکم علف‌های‌هرز در کشت خالص خلر، به‌نظر می‌رسد این گیاه رشد ضعیف‌تری در برابر علف‌های‌هرز دارد. به‌نظر می‌رسد با افزایش توان رقابتی الگوهای چندکشتی با توجه به افزایش تراکم گونه‌های زراعی در مقایسه با تک‌کشتی هر گونه، منجر به کاهش رشد و تراکم علف‌های‌هرز شود (۱۹).

شاخص‌های تنوع شانون- وینر، بریلویین و غنای گونه‌ای مارگالف تحت تأثیر اثرات خاک‌ورزی، الگوی کاشت، اثرات دوگانه (سال× خاک‌ورزی) و (سال× الگوی کاشت) قرار گرفتند. اثرات خاک‌ورزی، الگوی کاشت و اثرات دوگانه (سال× خاک‌ورزی) بر شاخص یکنواختی علف‌های‌هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

بیشترین تعداد گونه علف‌های‌هرز (۱۳/۱۱ گونه علف‌هرز در مترمربع) در سال اول در شاهد مشاهده گردید و الگوی کاشت گندم+ گاودانه با ۵/۳۳ علف‌هرز در مترمربع کمترین تعداد علف‌های‌هرز را به خود اختصاص داد. در سال دوم نیز روند مشابهی مشاهده گردید (جدول ۵). بیشترین تعداد گونه علف‌های‌هرز (۱۱/۳۹ علف‌هرز در مترمربع) در سال دوم تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل مشاهده شد که با خاک‌ورزی متداول (۱۰/۱۷) در یک گروه آماری قرار داشتند. تیمار بدون خاک‌ورزی در هر دو سال کمترین تعداد علف‌های‌هرز را داشت (جدول ۶).

در سال اول، بیشترین میزان شاخص تنوع شانون- وینر (۲/۰۹) در تیمار عدم کشت گیاه زراعی (شاهد) به‌دست آمد که با کشت خالص گاودانه و گندم تفاوت معنی‌داری نداشت. در سال اول الگوی کاشت گندم+ گاودانه و گندم+ خلر به‌ترتیب ۳۹/۱۲ و ۲۵/۷۴ درصد شاخص تنوع علف‌های‌هرز را نسبت به شاهد کاهش دادند. در سال دوم کشت مخلوط افزایشی خلر و گاودانه با گندم تأثیر معنی‌داری بر شاخص تنوع شانون- وینر علف‌های‌هرز نداشتند (جدول ۵). در سال اول، کشت خالص گندم، گاودانه و خلر با تیمار عدم کاشت گیاه زراعی از نظر شاخص تنوع بریلویین تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ اما الگوی کاشت گندم+ گاودانه و گندم+ خلر به‌ترتیب ۴۲/۲۹ و ۲۸/۲۵ درصد شاخص تنوع بریلویین علف‌های‌هرز را نسبت به شاهد کاهش دادند. در سال دوم، میزان کاهش شاخص تنوع بریلویین در الگوی کشت گندم+ گاودانه در مقایسه با عدم کشت گیاه زراعی ۴/۲۶ درصد بود (جدول ۵).

در سال اول، شاخص غنای گونه‌ای مارگالف در الگوی کاشت گندم+ گاودانه و گندم+ خلر، کشت خالص گاودانه و کشت خالص خلر در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کشت گیاه زراعی) به‌ترتیب ۴۹/۸۲، ۳۹/۶۵، ۲۳/۹۶ و ۹/۹۵ درصد کاهش یافت (داده‌ها نمایش داده نشده). در سال دوم، شاخص غنای گونه‌ای مارگالف تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط و خالص گندم و بقولات قرار نگرفت (جدول ۵).

جدول ۵- اثر متقابل دوگانه سال و الگوهای کاشت بر شاخص‌های تنوع علف‌های‌هرز

Table 5- Effect of planting patterns on weeds diversity indices

سال Year	الگوی کاشت Planting pattern	تعداد گونه علف‌های‌هرز Weed species (Species m^{-2})	شاخص تنوع شانون- وینر Shannon-Weiner index	شاخص تنوع بریلویین Brillouin index	شاخص غنای مارگالف Margalef index	شاخص غالبیت سیمپسون Simpson dominance index
سال ۹۸-۱۳۹۷ Year 2018-19	عدم کشت گیاه زراعی No crop planting	13.11^{a}	2.09^{a}	2.04^{a}	1.95^{a}	0.16^{c}
	کشت خالص گاودانه Bitter vetch	8.89^{bc}	1.81^{ab}	1.72^{abc}	1.48^{bc}	0.20^{bc}
	کشت خالص خلر Grass Pea	10.89^{b}	1.90^{b}	1.82^{ab}	1.75^{cd}	0.21^{bc}
	کشت خالص گندم Wheat	9.67^{b}	1.82^{ab}	1.72^{abc}	1.67^{ab}	0.22^{bc}
	کشت مخلوط گندم + گاودانه Wheat + Bitter vetch	5.33^{d}	1.27^{c}	1.18^{d}	0.98^{d}	0.38^{a}
	کشت مخلوط گندم+ خلر Wheat+ Grass Pea	6.78^{cd}	1.55^{bc}	1.46^{cd}	1.18^{cd}	0.26^{bc}
سال ۹۹-۱۳۹۸ Year 2019-20	عدم کشت گیاه زراعی No crop planting	11.22^{ab}	1.78^{ab}	1.71^{abc}	1.75^{ab}	0.28^{ab}
	کشت خالص گاودانه Bitter vetch	10.44^{b}	1.79^{ab}	1.69^{bc}	1.78^{ab}	0.28^{ab}
	کشت خالص خلر Grass Pea	9.56^{b}	1.62^{b}	1.55^{bc}	1.55^{abc}	0.31^{ab}
	کشت خالص گندم Wheat	9.56^{b}	1.67^{b}	1.57^{bc}	1.66^{ab}	0.30^{b}
	کشت مخلوط گندم+ گاودانه Wheat+ Bitter vetch	8.89^{bc}	1.78^{ab}	1.64^{bc}	1.67^{ab}	0.23^{bc}
	کشت مخلوط گندم+ خلر Wheat+ Grass Pea	9.33^{b}	1.82^{ab}	1.71^{abc}	1.67^{ab}	0.23^{bc}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan' s multiple range test ($p \leq 0.05$).

بیشترین شاخص تنوع شانون- وینر (۲/۰۸) در سال دوم تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل به‌دست آمد که با خاک‌ورزی متداول تفاوت معنی‌داری نداشت و بدون خاک‌ورزی کمترین شاخص تنوع شانون- وینر را به خود اختصاص داد (جدول ۶). شاخص تنوع بریلوویین نیز

روندی مشابه با شاخص تنوع شانون وینر داشت (جدول ۶). خاک‌ورزی حداقل در سال دوم بیشترین (۲/۰۳) و بدون خاک‌ورزی کمترین (۱/۲۳) شاخص غنای گونه‌ای مارگالف را داشتند. در سال اول، بیشترین و کمترین شاخص غنای مارگالف به‌ترتیب در خاک‌ورزی متداول و بدون خاک‌ورزی مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه سال و سیستم‌های خاک‌ورزی بر شاخص‌های تنوع علف‌های‌هرز

Table 6- Effect of different tillage on weeds diversity indices

سال Year	خاک‌ورزی Tillage	تعداد گونه علف‌های‌هرز Weed species (Species m^{-2})	شاخص شانون- وینر Shannon-Weiner index	شاخص تنوع بریلویین Brillouin index	شاخص غنای مارگالف Margalef index	شاخص غالبیت سیمپسون Simpson dominance index
سال ۹۸-۱۳۹۷ Year 2018-19	بدون خاک‌ورزی No- tillage	8.44^{c}	1.63^{c}	1.55^{c}	1.37^{d}	0.27^{b}
	خاک‌ورزی حداقل Minimum-tillage	8.89^{bc}	1.74^{bc}	1.65^{bc}	1.47^{cd}	0.24^{b}
	خاک‌ورزی متداول Conventional-tillage	10^{ab}	1.86^{ab}	1.77^{ab}	1.66^{bc}	0.21^{bc}
سال ۹۹-۱۳۹۸ Year 2019-20	بدون خاک‌ورزی No- tillage	7.94^{c}	1.23^{d}	1.18^{d}	1.23^{d}	0.44^{a}
	خاک‌ورزی حداقل Minimum-tillage	11.39^{a}	2.08^{a}	1.95^{a}	2.03^{a}	0.17^{c}
	خاک‌ورزی متداول Conventional-tillage	10.17^{ab}	1.93^{ab}	1.81^{ab}	1.79^{ab}	0.20^{bc}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan' s multiple range test ($p \leq 0.05$).

در هر دو سال تک‌کشتی خلر و گندم باعث افزایش تعداد گونه علف‌های‌هرز و شاخص غنای مارگالف شد. در کشت مخلوط گاودانه+ گندم و خلر+گندم شاخص غنای گونه‌ای مارگالف کمتر از کشت خالص گندم و خلر بود که نشان‌دهنده کنترل مؤثر علف‌های‌هرز در نظام کشت مخلوط است. راستگو و همکاران (۳۷) نتیجه گرفتند افزایش تراکم گیاه زراعی، باعث کاهش شاخص غنای گونه‌ای مارگالف برای علف‌های‌هرز شد. آن‌ها علت این امر را به کاهش تعداد گونه‌های علف‌هرز در چندکشتی در مقایسه با تک‌کشتی گزارش کردند.

اعمال مدیریت خاک‌ورزی متداول به‌علت افزایش تعداد گونه‌های علف‌هرز باعث افزایش شاخص غنای گونه‌ای مارگالف در مقایسه با خاک‌ورزی حفاظتی گردید. در این مطالعه بیشترین غنا و تعداد گونه در خاک‌ورزی متداول به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد افزایش تراکم علف‌های‌هرز در تیمارهای بدون خاک‌ورزی به‌ویژه علف‌های‌هرز غالب مانند جودره، باعث کاهش نفوذ نور به سطح زمین شده و بدین ترتیب باعث کاهش تعداد گونه در خاک‌ورزی حفاظتی شده است.

در سامانه‌های خاک‌ورزی حداقل و بدون خاک‌ورزی، بقایای محصول قبلی در سطح خاک باقی می‌مانند؛ در نتیجه بذر علف‌های‌هرز در زیر این بقایا قرار گرفته‌اند و تحت این شرایط، علف‌های‌هرز باریک‌برگ مانند جودره و یولاف وحشی به‌راحتی می‌توانند جوانه بزنند و در سامانه خاک‌ورزی حفاظتی گسترش یابند (۴۲). سردار و همکاران (۴۲) نیز گزارش کردند جمعیت علف‌های‌هرز یک‌ساله تک‌لپه در کشت پنبه در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حداقل) بیشتر از خاک‌ورزی متداول است و دلیل آن را مربوط به عدم جوانه‌زنی بذور این علف‌های‌هرز نسبت به نور دانستند. تعدادی از علف‌های‌هرز مخصوصاً علف‌های‌هرز پهن‌برگ برای جوانه‌زنی نیاز به نور دارند وقتی در زیر کاه و کلش بقایا قرار می‌گیرند کاه و کلش مانع رسیدن نور به بذرهای علف‌های دولپه و پهن‌برگ‌ها می‌شود و جوانه‌زنی آن‌ها را کاهش می‌دهد که در نهایت جمعیت این علف‌های‌هرز در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی کمتر است (۴۲).

با افزایش تنوع زیستی در کشت مخلوط گاودانه و گندم، نیچ‌های اکولوژیکی کمتری در اختیار علف‌های‌هرز قرار گرفته است. در نتیجه کاهش شاخص‌های تنوع علف‌های‌هرز در مقایسه با کشت خالص را

در برداشته است. سایر مطالعات نیز کاهش شاخص‌های تنوع علف‌های‌هرز در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص گزارش دادند (۷ و ۲۴). کوچکی و همکاران (۲۴) با مطالعه چندکشتی گندم و کلزا کاهش شاخص شانون- وینر علف‌های‌هرز، در کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی کلزا گزارش کردند. این محققان بیشترین میزان شاخص تنوع شانون- وینر (۰/۸۶) در کشت خالص گندم و کمترین میزان آن (۰/۶۶) در کشت مخلوط دو ردیف گندم+ دو ردیف کلزا، مشاهده کردند. این محققان گزارش کردند که با افزایش تنوع، تخصیص منابع و توزیع آن‌ها بین گونه‌ها با کارایی بیشتری صورت گرفته که این امر منجر به کاهش تعداد و تنوع علف‌های‌هرز شده که در نهایت کاهش شاخص شانون را به دنبال داشته است (۲۴).

با توجه نتایج به‌دست آمده، نتایج شاخص‌های تنوع شانون-وینر و بریلویین روند مشابهی نشان دادند. به‌طوری‌که شخم متداول از نظر تعداد گونه، تراکم، غنا و تنوع گونه‌ای بریلویین و شانون- وینر و یکنواختی دارای مقادیر بالا ولی شخم حفاظتی دارای شاخص غالبیت سیمپسون بیشتری می‌باشد. بالاتر بودن تعداد گونه در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی نیز منجر به افزایش شاخص تنوع شانون در این سامانه‌ها در مقایسه با خاک‌ورزی متداول شده است. ساتین مونتانیا و همکاران (۴۰) نشان دادند که مدیریت زراعی از جمله خاک‌ورزی شاخص‌های تنوع علف‌های‌هرز را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌دهد. پالاز و همکاران (۳۴) گزارش دادند شاخص غنا، شاخص‌های یکنواختی و تنوع در سیستم خاک‌ورزی متداول بیشتر از خاک‌ورزی حداقل و بدون خاک‌ورزی بود.

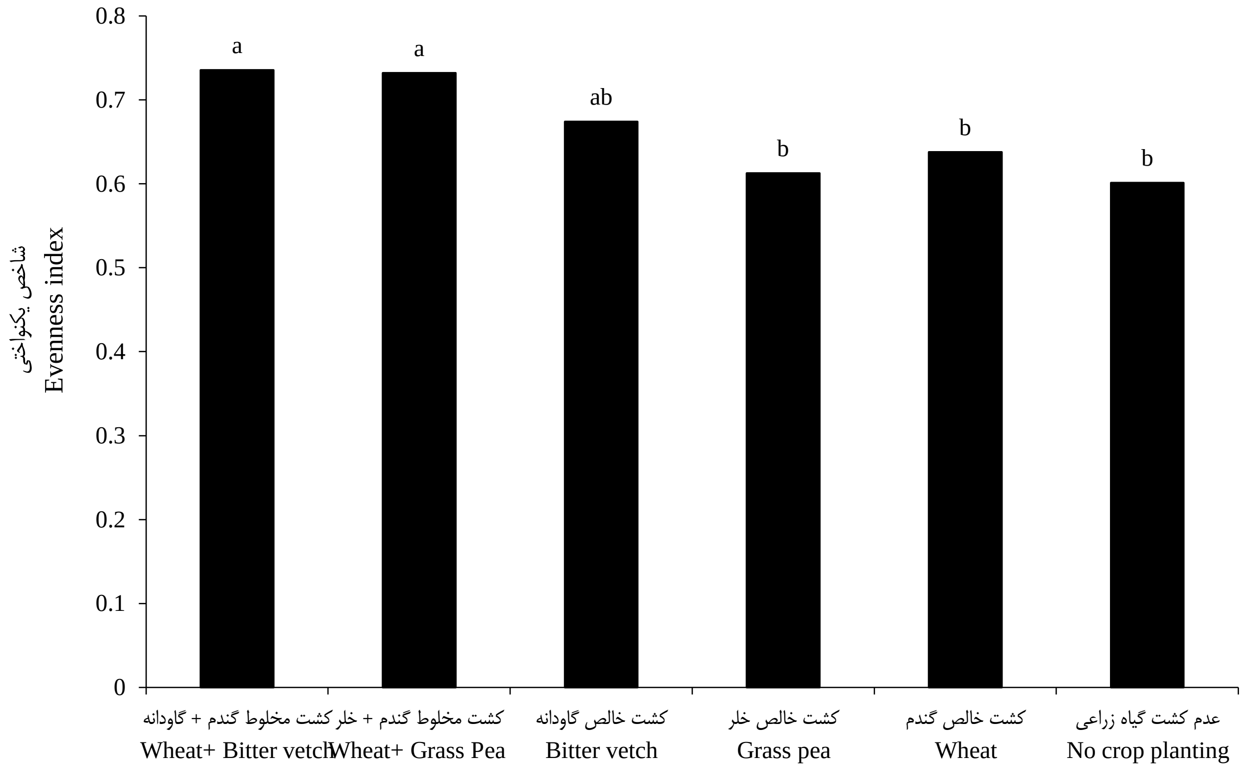
شاخص‌های تنوع شانون- وینر و بریلویین در کشت‌های مخلوط کاهش یافته‌اند. در کشت مخلوط گاودانه و خلر با گندم با افزایش تنوع زیستی، به‌نظر می‌رسد توزیع منابع بین آن‌ها با کارایی بیشتری صورت گرفته باشد که در نهایت کاهش شاخص‌های تنوع شانون وینر و بریلویین را در مقایسه با کشت خالص در پی داشته است. همچنین تراکم و تعداد گونه بیشتر در کشت خالص خلر و گندم افزایش شاخص تنوع وینر در مقایسه با کشت خالص گاودانه و مخلوط گردید. احتمالاً اثرات تسهیل‌کنندگی و مکمل بودن گندم با گاودانه باعث کاهش رشد، تعداد و در نهایت تنوع علف‌های‌هرز شده است. این نتایج با نتایج سایر محققان مبنی بر کاهش شاخص تنوع شانون- وینر در الگوهای افزایشی کشت مخلوط ۵۰ درصد وسمه+۱۰۰ چای‌ترش و ۱۰۰ درصد وسمه+ ۱۰۰ درصد چای‌ترش، مطابقت داشت (۲۳). این محققان افزایش شاخص تنوع شانون- وینر در کشت خالص وسمه و چای‌ترش را به فراوانی بیشتر حضور گونه‌های علف‌های‌هرز در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط گزارش کردند (۲۳).

بر اساس شاخص تنوع بریلویین و شاخص تنوع شانون- وینر میزان تنوع گونه‌ای در کشت خالص گاودانه در مقایسه با کشت مخلوط بیشتر است که این امر به‌علت حضور بیشتر گونه‌های علف‌های‌هرز در کشت خالص در مقایسه با تیمارهای کشت مخلوط است. همچنین تاج‌پوشش بیشتر در سیستم کشت‌های مخلوط با تعداد تراکم بالاتر و کاهش فضاهای خالی ممکن است منجر به جلوگیری از جوانه‌زنی و کاهش رشد علف‌های‌هرز در چند کشتی گاودانه و گندم شده باشد و به‌دنبال آن شاخص تنوع شانون- وینر نیز کاهش یافته است. سیدی و حمزه‌یی (۴۳) کمترین میزان شاخص‌های تنوع شانون- وینر (۱/۲۲) و مارگالف (۱/۱۲) برای علف‌های‌هرز در تیمار ۹۰ درصد سویا+ آفتابگردان در خاک‌ورزی حفاظتی گزارش دادند. راستگو و همکاران (۳۷) در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشتند شاخص شانون- وینر برای علف‌های‌هرز، در تیمار کشت خالص ماش بیشتر از الگوهای کشت مخلوط ماش و کنجد بود. در این آزمایش، میزان عددی شاخص شانون-وینر برای علف‌های‌هرز در کشت خالص ماش، کشت مخلوط ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد کنجد و در تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد کنجد به‌ترتیب ۰/۷۵، ۰/۴۱ و ۰/۴۵ گزارش شد. اسدی و خرم‌دل (۴) نیز گزارش کردند که نظام‌های تک‌کشتی ذرت دارای تنوع علف‌های در مقایسه با الگوهای کشت مخلوط هستند.

بیشترین شاخص یکنواختی علف‌های‌هرز در الگوهای کشت افزایشی گندم با گاودانه و گندم با خلر مشاهده شد و عدم کشت و کشت خالص گندم و خلر کمترین میزان شاخص یکنواختی را به خود اختصاص دادند (شکل ۲).

شاخص یکنواختی علف‌های‌هرز در سال اول تحت تأثیر خاک‌ورزی قرار نگرفت. در سال دوم بدون خاک‌ورزی باعث کاهش شاخص یکنواختی گونه‌ای علف‌های‌هرز شد (شکل ۳).

شاخص یکنواختی نمایانگر توزیع فراوانی افراد در بین گونه‌های می‌باشد. در ارتباط با یکنواختی پراکنش علف‌های‌هرز در الگوهای مختلف کشت مخلوط، کشت خالص خلر، گاودانه، گندم و شاهد کمترین میزان یکنواختی را دارا بودند؛ که این نشان‌دهنده شدت غیریکنواختی گونه‌های علف‌هرز و غالبیت تعدادی کمی از علف‌های‌هرز مانند جودره و یولاف در این الگوهای کاشت می‌باشد. با توجه به بالا بودن شاخص یکنواختی علف‌های‌هرز در الگوهای کشت مخلوط گاودانه و خلر با گندم می‌توان نتیجه گرفت که فلور علف‌های‌هرز در الگوهای کشت مخلوط بقولات با گندم یکنواخت است. در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی در سال دوم، نتایج به‌دست آمده از تیمار خاک‌ورزی نشان‌دهنده عدم یکنواختی علف‌های‌هرز در سامانه‌های خاک‌ورزی حداقل و متداول (شکل ۳) می‌باشد.



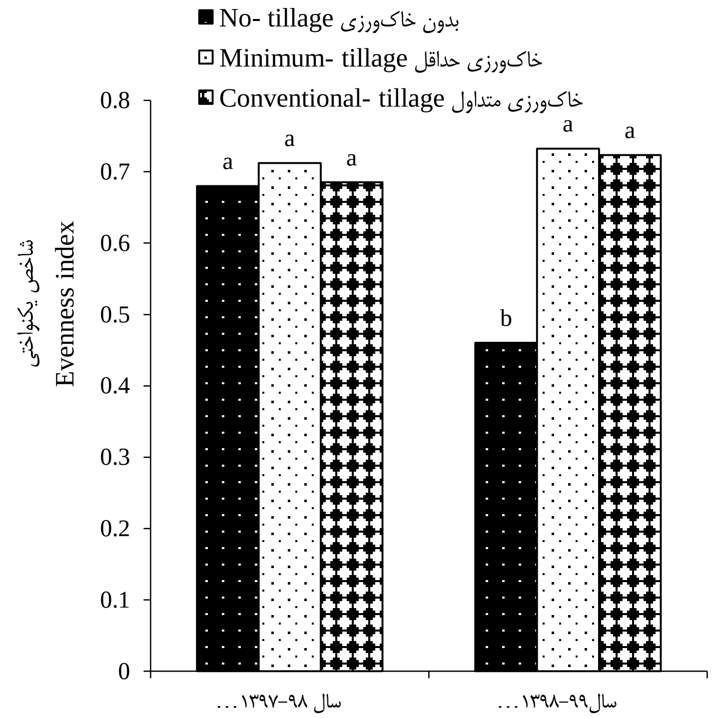
شکل ۲- اثر الگوهای کشت مخلوط بر شاخص یکنواختی علف‌های‌هرز

Figure 2- Effect of intercroping patterns on weeds evenness index

در سال اول بیشترین شاخص غالبیت (۰/۳۸) در الگوی کاشت گندم+ گاودانه مشاهده شد و بین سایر الگوهای کاشت با عدم کشت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در سال دوم نیز الگوی کاشت گندم+ گاودانه و گندم+ خلر کمترین شاخص غالبیت سیمپسون را داشتند (جدول ۵). بیشترین شاخص غالبیت (۰/۴۴) در سال دوم در شرایط بدون خاک‌ورزی حاصل شد و کمترین میزان آن (۰/۱۷) در شرایط خاک‌ورزی حداقل مشاهده شد که با خاک‌ورزی متداول در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۶).

شاخص غالبیت بالا نشان‌دهنده کاهش تنوع و محدود شدن جامعه گیاهی به چندین گونه علف‌هرز غالب می‌باشد (۲۵). در سال دوم بدون خاک‌ورزی بیشترین شاخص غالبیت سیمپسون را به خود اختصاص داد، دلیل افزایش شاخص غالبیت در خاک‌ورزی حفاظتی احتمالاً به‌علت افزایش فراوانی یک گونه یا چندگونه غالب در این سامانه است، به‌طوری‌که بیشترین فراوانی مربوط به علف‌هرز جودره در این سامانه خاک‌ورزی است؛ اما سامانه‌های خاک‌ورزی متداول با تعداد گونه و تنوع بیشتر شاخص غالبیت کمتری داشتند. تغییر جمعیت علف‌های‌هرز به چندگونه غالب نشان‌دهنده فراهم بودن سازش این گونه‌ها به عملیات خاک‌ورزی حفاظتی است. بیشتر بودن تنوع علف‌های‌هرز در تیمارهایی که عمدتاً دارای یک نوع علف‌هرز غالب می‌باشند می‌تواند با افزایش قدرت رقابت بین گونه‌های علف‌هرز، کاهش مقاومت به علف‌کش‌ها و افزاش نیچ‌های اکولوژیکی برای دشمنان علف‌های‌هرز دارای اهمیت باشد (۳۲). احمدوند و حاجی‌نیا (۱) بیشترین شاخص غالبیت علف‌های‌هرز (۰/۸۷) در تیمار گیاه پوششی جو توأم با کنترل تلفیقی در سیستم‌های خاک‌ورزی کاهش‌یافته در کشت سیب‌زمینی گزارش دادند که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

نتایج تابع تشخیص برای تمایز بین گونه‌های مختلف علف‌های‌هرز در بین الگوهای کشت مخلوط تحت سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی در هر دو سال به‌صورت جداگانه در جدول ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در سال اول کل واریانس (۱۰۰ درصد) توسط یک تابع بیان گردید. با توجه به ضرایب تابع تشخیص استخراج شده می‌توان این تابع را به‌عنوان علف‌هرز غالب جودره معرفی کرد. علف‌هرز جودره بیشترین ضریب تابع را به خود اختصاص داده است. در سال دوم دو تابع اول و دوم به‌ترتیب ۹۶/۲ و ۳/۸ درصد از واریانس را توجیه کردند و در مجموع ۱۰۰ درصد واریانس به‌وسیله این دو تابع بیان گردید. با توجه به مقادیر توابع تشخیص استخراج شده، می‌توان تابع دوم را به‌عنوان علف‌هرز یولاف وحشی مشخص کرد (جدول ۷).



شکل ۳- اثر اصلی خاک‌ورزی بر شاخص یکنواختی گونه علف‌های هرز در طی دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸

Figure 3- Effect of different tillages on weeds evenness index 2018-19 and 2019-20

بر اساس تابع اول، تیمار علف‌هرز بدون کشت گیاه زراعی تحت شرایط بدون‌خاک‌ورزی بیشترین میزان این تابع (بیشترین تراکم علف‌هرز جودره) را به خود اختصاص داد و سپس کشت خالص گندم و گاودانه در شرایط بدون خاک‌ورزی بیشترین میزان تراکم علف‌هرز جودره را داشتند. کشت مخلوط گندم+ گاودانه و گندم+ خلر تحت شرایط خاک‌ورزی متداول و خاک‌ورزی حداقل کمترین میزان تراکم علف‌هرز یولاف وحشی و جودره را داشتند (شکل ۴). بر این اساس می‌توان علف‌های‌هرز یولاف وحشی و جودره را به‌عنوان علف‌های‌هرز غالب در مزرعه گندم تحت شرایط خاک‌ورزی حفاظتی معرفی کرد. غالب بودن علف‌های‌هرز جودره و یولاف‌وحشی احتمالاً به‌علت سازگار شدن آنها با شرایط اقلیمی و خاکی مزرعه و عدم رعایت تناوب زراعی در منطقه است. همچنین کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای از خانواده بقولات باعث کاهش جمعیت علف‌های‌هرز یولاف وحشی و جودره در سامانه خاک‌ورزی حفاظتی و متداول شد. به‌نظر می‌رسد اقلیم منطقه و میزان بارندگی درفصل زراعی و همچنین عملیات زراعی مانند شخم، کوددهی و کاربرد علف‌کش‌ها در غالبیت یک گونه نقش داشته است (۲۲).

نتیجه‌گیری

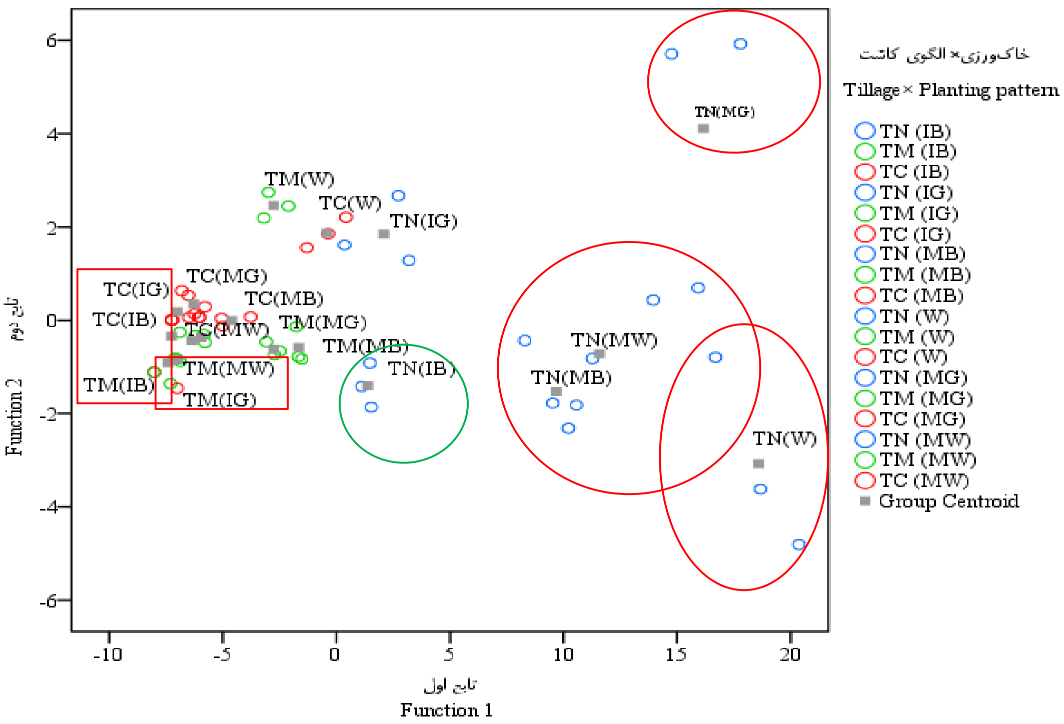
بررسی تراکم و تنوع گونه‌ای علف‌های‌هرز در کشت گندم تحت سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی طی دو سال نشان داد که بیشترین تراکم بوته علف‌های‌هرز مربوط به عدم خاک‌ورزی و بدون کشت گیاه زراعی بود. الگوی کشت افزایشی گاودانه+ گندم در سامانه‌های خاک‌ورزی حداقل و متداول کمترین میزان تراکم بوته علف‌های‌هرز را داشتند. کمترین شاخص تنوع گونه‌ای مانند شاخص تنوع شانون- وینر و غنای گونه‌ای مارگالف در سامانه خاک‌ورزی حفاظتی یا عدم خاک‌ورزی مشاهده شد؛ که می‌تواند به‌علت تراکم و غالبیت علف‌هرز جودره تحت این شرایط باشد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که تراکم بوته، تعداد گونه و شاخص‌های تنوع علف‌های‌هرز در کشت گندم تحت تأثیر کشت مخلوط با گاودانه و خلر قرار می‌گیرند. گیاه علوفه‌ای گاودانه در مقایسه با خلر، توانست تراکم و تنوع را در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و متداول کاهش دهد. بنابراین برای کنترل علف‌های‌هرز در گیاه زراعی گندم تحت شرایط خاک‌ورزی حفاظتی، کشت مخلوط افزایشی با گاودانه می تواند توصیه می‌گردد. در نتیجه کاربرد الگوهای کشت مخلوط می‌تواند به‌عنوان راهکاری اکولوژیکی، در جهت کاهش مصرف علف‌کش‌ها توسط کشاورزان در

سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی به‌کار برده شوند. کاربرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی در تلفیق با الگوی کشت مخلوط برای کنترل علف‌های‌هرز می‌تواند گام بزرگی در جهت کشاورزی پایدار نیز باشد.

جدول ۷- مقادیر ویژه، درصد تبیین واریانس و ضرایب استاندارد شده حاصل از تجزیه تابع تشخیص برای تراکم گونه‌های مختلف علف‌های‌هرز در الگوهای کشت مخلوط تحت سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی طی سال‌های ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹

Table 7- Specific eigenvalue values, explanation rate and standardized coefficient traits of discriminant functions in weeds plat density in intercropping under differential tillage systemes in 2018-19 and 2019-20

نام علمی	Weed species	سال ۱۳۹۷ Year 2018	سال ۱۳۹۸ Year 2019	
		تابع اول Function 1	تابع اول Function 1	تابع دوم Function 2
وایه گل سفید	*Ammi majus* L.	0.001		
ماستونک	*Turgenia latifolia* (L.) Hoffm.		-0.165	-0.116
گلرنگ وحشی	*Carthamus oxyacanthus* M. Bieb.	-0.294	0.093	-0.161
کاهوی وحشی	*Lactuca scariola* L.		0.056	-0.008
سنگدانه وحشی	*Lithospermum officinale* L.		0.054	-0.068
ازمک	*Cardaria draba* (L.) Desv.	-0.212	0.154	0.045
کله گنجشکی	*Euclidium syriacum* L.	-0.092	-0.047	-0.058
آجیل مزرعه	*Neslia paniculata* L.	0.076	0.242	0.210
خردل وحشی	*Sinapis arvensis* L.	0.046		
قلیانک	*Silene conoidea* L.	0.046	0.006	0.079
جغجغک	*Vaccaria pyramidata* Medik.	-0.029	-0.121	-0.086
پیچک صحرایی	*Convolvulus arvensis* L.	-0.082	-0.004	-0.041
زیرک	*Cephalaria syriaca* L.	-0.077	-0.243	-0.030
خلر	*Lathyrus aphaca* L.	0.061	-0.141	0.063
یونجه	*Medicago sativa* L.	0.046		
ماشک برگ‌پهن	*Vicia narbonensis* L.	0.098	-0.030	0.125
ماشک معمولی	*Vicia sativa* L.	0.310	-0.159	0.069
سوزن چوپان	*Geranium robertianum* L.		-0.017	0.058
غربیلک	*Lamium amplexicaule* L.	0.036	0.081	-0.046
پنیرک	*Malva neglecta* Waller.	-0.048	0.107	-0.162
شقایق	*Papaver dubium* L.	-0.080	-0.147	0.057
آژیلوپس تائوشی	*Aegilops tauschii* Coss.	0.102	-0.202	-0.002
یولاف وحشی	*Avena ludoviciana* L.	0.177	0.319	0.948
گیامستک	*Bromus commutatus* Schrad.	0.108	0.086	0.060
علف‌پشمکی	*Bromus tectorum* L.	-0.038	-0.152	0.038
دگرگل گندمی	*Heteranthelium piliferum* L.	-0.029	-0.336	0.458
جوموشی	*Hordeum murinum* L.	0.096	-0.077	0.009
جودره	*Hordeum spontaneum* L.	1.000	0.819	-0.574
جو زراعی	*Hordeum vulgare* L.	-0.097	-0.150	-0.002
چچم	*Lolium perenne* L.	0.343	0.284	0.307
شاخ به سر	*Ceratocephalus falcatus* L.	-0.058	0.151	-0.006
شیر پنیر	*Galium tricornutum* D.	-0.083	-0.052	-0.069
آلاله وحشی	*Ranunculus arvensis* L.	-0.128	-0.048	0.013
مقدار ویژه	Eigenvalue	7.61	100.12	3.92
درصد واریانس	% of Variance	100.0	96.2	3.8
واریانس تجمعی	Cumulative %	-	-	100.0



شکل ۴- نمودار بای پلات حاصل از تابع تشخیص بر اساس توابع اول و دوم در سال ۱۳۹۸-۹۹.

Figure 4- Bi-plot diagram derived from the discriminant function based on the first and second functions in 2019-20.

TN(IB): الگوی کشت مخلوط گاوادانه+ گندم تحت شرایط بدون خاک‌ورزی؛ TM(IB): الگوی کشت مخلوط گاوادانه+ گندم تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل؛ TC(IB): الگوی کشت مخلوط گاوادانه+ گندم تحت شرایط خاک‌ورزی متداول؛ TN(IG): الگوی کشت مخلوط خلر+ گندم تحت شرایط بدون خاک‌ورزی؛ TM(IG): الگوی کشت مخلوط خلر+ گندم تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل؛ TC(IG): الگوی کشت مخلوط خلر+ گندم تحت شرایط خاک‌ورزی متداول؛ TN(MB): کشت خالص گاوادانه تحت شرایط بدون خاک‌ورزی؛ TM(MB): کشت خالص گاوادانه تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل؛ TC(MB): کشت خالص گاوادانه تحت شرایط خاک‌ورزی متداول؛ TN(MG): کشت خالص خلر تحت شرایط بدون خاک‌ورزی؛ TM(MG): کشت خالص خلر تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل؛ TC(MG): کشت خالص خلر تحت شرایط خاک‌ورزی متداول؛ TN(MW): کشت خالص گندم تحت شرایط بدون خاک‌ورزی؛ TM(MW): کشت خالص گندم تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل؛ TC(MW): کشت خالص گندم تحت شرایط خاک‌ورزی متداول؛ TN(W): علفهرز بدون کشت گیاه زراعی تحت شرایط بدون خاک‌ورزی؛ TM(W): علفهرز بدون کشت گیاه زراعی تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل؛ TC(W): علفهرز بدون کشت گیاه زراعی تحت شرایط خاک‌ورزی متداول.

سپاسگزاری

از همکاری و مشاوره استاد محترم آقای پروفسور لارس آندرسون و همچنین موافقت با انتشار این مقاله به زبان فارسی بدون ذکر نام ایشان، قدردانی می‌شود. به‌علاوه از دانشگاه ایلام به‌خاطر حمایت از انجام این رساله دکتری تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1- Ahmadvand G., and Hajinia S. 2016. The effect of cover crops and integrated control on weed management and tuber yield of Potato (*Solanum tuberosum*) in different tillage systems. Iranian Journal of Weed Science 12(1): 63-78. (In Persian with English abstract)

2- Alizadeh K., and Teixeira da Silva J.A. 2013. Mixed cropping of annual feed legumes with barley improves feed quantity and crude protein content under dry-land conditions. Maejo International Journal of Science and Technology 7(01): 42-47.

3- Armengot L., Blanco-Moreno J.M., Barberi P., Bocci G., Carlesi S., Aendekerk R., Berner A., Celette F., Grosse M., Huiting H., Kranzler A., Luik A., Mader P., Peigne J., Stoll E., Delfosse P., Sukkel W., Surbock A., Westaway S., and Sans F.X. 2016. Tillage as a driver of change in weed communities: a functional perspective. Agriculture,

Ecosystems & Environment 222: 276-285.
4- Asadi G.A., Khorramdel S. 2014. Effects of different ratio of barley and hairy vetch intercropping on yield, plant nitrogen content, weed population and diversity. Electronic Journal of Crop Production 7(1): 131-156. (In Persian with English abstract)
5- Asadi Gh. A., Ghorbani R., and Azizi E. 2014. Effect of different levels of manure on weed composition and diversity in intercropping spinach (*Spinacia oleracea* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). Journal of Plant Protection 28(3): 325-337. (In Persian with English abstract)
6- Ates S., Feindel D., El Moneim., and Ryan J. 2014. Annual forage legumes in dryland agricultural systems of the West Asia and North Africa Regions: research achievements and future perspective. Grass and Forage Science 69: 17-31.
7- Banik P., Midya A., Sarkar B.K., and Ghose S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.
8- Bhatt R., and Khera K.L. 2006. Effect of tillage and modeofstrawmulch application on soil erosion in the Submountain oustract of Punjab, India. Soil and Tillage Research 88: 107-115.
9- Blanco-Canqui H., Shaver T.M., Lindquist, J.L., Charles A., Shapiro R.W., Elmore C., Francis A., and Hergert G.W. 2015. Cover crops and ecosystem services: Insights from studies in temperate soils. Agronomic Journal 107: 449-474.
10- Booth B.D., Murphy S.D., and Swanton C.J. 2003. Weed ecology in natural and agricultural systems. CABI Publishing.
11- Brooker R.W., Bennett A.E., Cong W., Daniell T.J., George T.S., Hallett D.D., Hawes, C., Lanneta, P.P.M., Jones, H.G., Karley, A.J., Li, L., McKenzie B.M., Pakeman R.J., Paterson E., Schob C., Shen J., Squire G., Watson C.A., Zhang C., Zhang F., Zhang J., and White P.J. 2015. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. New Phytologist 206: 107-117.
12- Campiglia E., Mancinelli R., Radicetti E., and Baresel J.P. 2014. Evaluating spatial arrangement for durum wheat (*Triticum durum* Desf.) and subclover (*Trifolium subterraneum* L.) intercropping systems. Field Crops Research 169: 49-57.
13- Chapagain T., and Riseman A. 2014. Barley–pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. Field Crops Research 166: 18-25.
14- Corre-Hellou G., Dibet A., Hauggaard-Nielsen H., Crozat Y., Gooding M., Ambus P., Dahlmann C., von Fragstein P., Pristeri A., Monti M., and Jensen E.S. 2011. The competitive ability of pea–barley intercrops against weeds and the interactions with crop productivity and soil N availability. Journal of Field Crops Research 122: 264-272.
15- Demjanova E., Macak M., Dalovi I., Majernik F., Stefan T., and Smatana. J. 2009. Effects of tillage systems and crop rotation on weed density, weed species composition and weed biomass in maize. Agronomy Research 7(2): 785-792.
16- Ejtahadi H., Sepehri A., and Akkafi H.R. 2009. Methods of measuring biodiversity. Publication of Ferdowsi university of Mashhad. (In Persian)
17- Fakhari R., Tobeh A., Taghi Alebrahim M., Baghestani M.A., and Zand E. 2016. The effect of cover crops and time of sowing on weed population and corn yield in two minimum and conventional tillage systems. Iranian Journal of Weed Science 12: 211-220. (In Persian with English abstract)
18- Friedrich T., and Kassam A. 2012. No-till farming and the environment: do no-till systems require more chemicals? Outlooks on Pest Management 23: 153-157.
19- Fuente E.B., Suarez S.A., Lenardis A.E., and Poggio S.L., 2014. Intercropping sunflower and soybean in intensive farming systems. Evaluating yield advantage and effect on weed and insect assemblages. NJAS -Wageningen Journal of Life Science 165: 1-6.
20- Gutterman Y., Corbineau F., and Come D. 1996. Dormancy of Hordeum spontaneum caryopses from a population on the Negev desert highlands. Journal of Arid Environments 33: 337-345.
21- Guzman C, Autrique J.E., Mondal S., Singh R.P., Govindan V., Morales-Dorantes A., Romano G.P., Crossa J., Ammar K., and Pena R.J. 2016. Response to drought and heat stress on wheat quality, with special emphasis on bread-making quality, in durum wheat. Field Crops Research 186: 157-165.
22- Haghian E., and Heshmati G.H. 2014. Application of classification methods and geographical information system (GIS) techniques to identify vegetation structures and vegetation map (Case study: Andevar Rangelands, Amol). Journal of Management System 1(2): 13-29.
23- Khoshnam Z., Amiri Nejad M., Aein A., and Parsa Motlagh B. 2020. The evaluation of intercropping system of Indigo (*Indigofera tinctoria* L.) and Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) on yield, weed biodiversity and changes of weeds community. Journal of Crop Production and Processing 10(2): 109-121. (In Persian with English abstract)
24- Koocheki A.R., Flahpour F., Khoramdel S., and Jafari L. 2014. Evaluation of intercropping of wheat and rapeseed on yield and component yield, diversity and weed density. Journal of Agroecology 6(1): 11-20. (In Persian with English abstract)
25- Legere A., Stevenson F.C., and Benoit D.L. 2005. Diversity and assembly of weed communities: contrasting

responses across cropping systems. Weed Research 45: 303-315.

26- Lugandu S. 2013. Factors influencing the adoption off conservation agriculture by smallholder farmers in karatu and kongwa districts of Tanzania. Presented at REPOA’s 18th Annual Research Workshop held at the Kunduchi Beach Hotel, Dares Salaam, and Tanzania.

27- Midega C.A.O., Salifu D., Bruce T.J., Pittchar J., Pickett J.A., and Khan Z.R. 2014. Cumulative effects and economic benefits of intercropping maize with food legumes on Striga hermonthica infestation. Field Crops Research 155: 144-152.

28- Mishra J.S., and Singh V.P. 2012. Tillage and weed control effects on productivity of a dry seeded rice-wheat system on a vertisol in Central India. Soil and Tillage Research 123: 11 20.

29- Mojab M., Hosseini M., and Eslami V. 2016. Weed population dynamics, water productivity and grain yield of durum wheat (*Triticum durum* L.) in no-tillage and conventional tillage systems. Journal of Plant Protection 30(2): 313-320. (In Persian with English abstract)

30- Monti M., Pellicano A., Santonoceto C., Preiti G., and Pristeri A. 2016. Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. Field Crops Research 196: 379-388.

31- Mousavi S.K. 2019. The effect of cutting off the wild barley (*Hordeum spontaneum C. Koch*) spike in wheat on its population in chickpea under a crop rotation system. Journal of Plant Protection 33(4): 441-451. (In Persian with English abstract)

32- Murphy S.D., Clements D.R., Belaoussoff S., Kevan P.G., and Swanton C.J. 2006. Promotion of weed species diversity and reduction of weed seedbanks with conservation tillage and crop rotation. Weed Science 54: 69-77.

33- Patience M., Lagoke S.T.O., Adigun J.A., and Orija O.R. 2013. Effect of intercropping with maize on weed diversity in cassava. Environmental and Experimental Biology 11: 189-193.

34- Pelzer E., Bazot M., Makowski D., Corre-Hellou G., Naudin C., Al Rifai M., Baranger E., Bedoussac L., Biarnes V., Boucheny P., Carrouee P., Dorvillez D., Foissy D., Gaillard B., Guichard L., Mansard C., Omon B., Prieur L., Yvergniaux M., Justes E., and Jeuffroy M.H. 2012. Pea–wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. Eurpoeain Journal Agronomy 40: 39-53.

35- Plaza E.H., Navarrete L., and Gonzalez-Andujar, J.L. 2015. Intensity of soil disturbance shapes response trait diversity of weed communities: The long-term effects of different tillage systems Agriculture, Ecosystems and Environment 207: 101-108.

36- Raseduzzaman M., and Jensen E.S. 2017. Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. Eurpoeain Journal Agronomy 91: 25-33.

37- Rastgou S., Aynehband A., and Fateh E. 2013. Evaluation of weed communication properties in sesame and mung intercropping system by biodiversity indices. In Proceedings 2nd National Congress of Organic and Conventional Agriculture, 21th to 22th August, Ardabil, Iran, pp. 295-299. (In Persian with English abstract)

38- Renton M., and Flower, K. 2015. Occasional mouldboard ploughing slows evolution of resistance and reduces long-term weed populations in no-till systems. Agriculture Systems 139: 66-75.

39- Santiago L.P. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Forage Crops 109: 48-58.

40- Santin Montanya M.I., Martin Lammerding D., Walter I., Zambrana E., and Tenorio J.L. 2013. Effects of tillage, crop systems and fertilization on weed abundance and diversity in 4-year dry land winter wheat. European Journal of Agronomy 48: 43-49.

41- Sardar M., Behdani M.A., Eslami S.V., and Mahmoodi S. 2015a. The effect of different weeds control and tillage systems on cotton’s weeds manangment in second planting after of winter wheat. Journal of Plant Protection 29(1): 95-101. (In Persian with English abstract)

42- Sardar M., Behdani M.A., Eslami V., and Mahmodi S. 2015b. The Effect of Soil Disturbance Methods and Weeds Control on the density and distribution of Cotton’s (*Gossypium hirsutum*) weeds after wheat. Agroecology 7(2): 254-266. (In Persian with English abstract)

43- Seyedi M., and Hamzei J. 2017. Effect of conservation and conventional tillage on weeds biodiversity and water and nitrogen use efficiency in sole and additive intercropping of soybean with sunflower. Journal of Agroecology 7(2): 120-133.

44- Singh A.P., Bhullar M.S.m., Yadav, R., and Chowdhury T. 2015. Weed management in zero-till wheat. Indian Journal of Weed Science 47(3): 233-239.

45- Virginia N., Nele V., Rachael C., and Bram G. 2015. Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. Field Crops Research 183: 56-68.

Journal of Plant Protection
Vol. 35, No. 2, Summer 2021, P. 231-250

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص. ۲۵۰-۲۳۱

Evaluation the Effect of Wheat Intercropping with Bitter Vetch and Grass Pea on Weed Diversity and Density under Different Soil Tillage Systems

E. Amini[1]- A. Taab[2*]- E. Radicetti[3]
Received: 19-01-2021
Accepted: 20-04-2021

Introduction: Weeds represent the major biotic problem in wheat cropping systems, especially when are managed under conservation tillage practices. Indeed, the excessive use of herbicides in agricultural fields caused hazardous consequences, such as loss of biodiversity and resistant plants, therefore, nowadays there is a tendency to adopt ecological based weed control measures to improve the sustainability of the agro-ecosystems. Previous studies showed that cover crops could be successfully intercropped with main cash crops as living mulch to improve weed management. This experiment was performed to evaluate the effects of bitter vetch (*Vicia ervilia* (L.) Willd.) and grass pea (*Lathyrus sativus* L.) intercropped in additive series with winter wheat under different soil tillage systems.

Materials and Methods: Two field experiments were conducted at the Agricultural Research Station of Ilam University, Iran, in 2018-19 and 2019-20. The experimental treatments included three soil tillage systems (no tillage, reduced tillage, and conventional tillage), and two intercropping patterns (wheat+grass pea and wheat+bitter vetch). Moreover, a pure stands of bitter vetch, grass pea, and wheat was adopted. A split plot layout based on randomized complete block design with three replicates was applied where soil tillage systems and intercropping patterns were arranged as the main and sub plots, respectively. Weed species density was used to calculate the species diversity indices including Margalef, Shannon-Wiener, Brillouin, Evenness and Simpson dominance indices. The multivariate analysis was performed to discriminate the difference among species in response to tillage systems and intercropping patterns.

Results and Discussion: The results showed that based on relative abundance, in both studied years under the no-till system, wild barley and oat weeds accounted for the highest weed population with the frequency of 11.84 and 10.53%, in the first year, and 11.97 and 12.68% in the second year, respectively. Under the minimum tillage system, wild barley weeds in the first and second year with 10.62 and 8.29% relative abundance, respectively, had the highest weed population. Under conventional tillage conditions, in the first year, weeds of wild barley, *Euclidium syriacum*, wild oat, and *Ceratocephalus falcatus* were observed as the predominant weeds with the frequency of 10, 10, 9.4, and 9.4% respectively. In the second year, the highest relative abundance was related to weeds of wild oat and barley. The intercropping of wheat+bitter vetch reduces the weed density more than rest of the treatments under different soil tillage systems. The reductions in weed density due to intercropping of wheat+bitter vetch and wheat+grass pea were 77 and 69.9 % under no tillage, 80.1 and 76.1 % under reduced tillage, and 70.2 and 54.5 % under conventional tillage systems, respectively. This could be due to the density and competitive pressure by intercropping to reduce the ecological niche for weed species to occupy. The weed diversity indices (Shannon and Wiener, Brillouin, and Margalef indices) were highest in pure weedy and grass pea monocultures. Weed density and diversity were also highest under conventional tillage system. The highest Simpson dominance index (0.38) was found in wheat+bitter vetch intercropping in both years compared to the other treatments. No significant difference was found among the soil tillage systems in Simpson dominance index in the first year, while it showed a significant increase in no tillage (from 0.27 to 0.44), decreased in reduced tillage (from 0.24 to 0.17) and had no significant change in conventional tillage (0.21 to 0.20) systems in the second year. The pattern of Additive wheat+bitter vetch than wheat+grass pea intercropping reduced the density of weeds in different tillage systems. Probably due to the greater diversity of plants in intercropping patterns compared to monoculture, as a result, crops obtain more ecological niches and, by absorbing more available resources for growth, reduce growth and thus reduce population and weed density.

According to the multivariate analysis, 100% of the variances was explained by the first function in 2018-19, which showed *Hordeum spontaneum* L. as the dominant species. In 2019-20, 96.2 and 3.8% the variances were explained by first and second functions, respectively, which showed *Hordeum spontaneum* L. and *Avena*

1 and 2- Ph.D. Student of Crop Ecology and Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: a.taab@ilam.ac.ir)
3- Researcher, Department of Chemical and Pharmaceutical Sciences, University of Ferrara, Ferrara, Italy
DOI: 10.22067/jpp.2021.68035.1004

ludoviciana L. as dominate species. Therefore, these two weed species might be well adapted to the cropping systems.

Conclusion: The results of this study showed that intercropping patterns could reduce the weed density even if the reduction was higher in wheat+bitter vetch than wheat+grass pea intercropping. Therefore, bitter vetch can be considered as an efficient living mulch for intercropping with wheat to control weeds in different soil tillage systems. Similarly, weed diversity is also affected by soil disturbances and intercropping. *Hordeum spontaneum* L. and *Avena ludoviciana* L. tend to be the dominant weed species. It is concluded that weeds can be controlled to an appropriate level using wheat+ bitter vetch intercropping under conservation and conventional tillage systems. This approach can be used to design an efficient weed management strategies toward sustainable agriculture.

Keywords: Conservation tillage, Cultivation pattern, Legume, Weed population